Mappatura non distruttiva del sottosuolo e valutazione dello stato di un grande ponte autostradale

Valutazione completa del ponte e dell'impermeabilizzazione con GPR multicanale

La sfida

Per garantire una gestione a lungo termine delle infrastrutture e pianificare interventi di manutenzione mirati, il proprietario dell'opera necessitava di una valutazione dettagliata della struttura interna e delle condizioni di impermeabilizzazione di un importante ponte autostradale. Nello specifico, l'ispezione doveva superare diversi ostacoli critici:

- Geometria interna non documentata: non erano disponibili disegni aggiornati e altamente dettagliati dello strato superiore di armatura né la disposizione esatta del sistema di post-tensionamento trasversale (PT).
- Sospetto degrado dell'impermeabilizzazione: si sospettava un'infiltrazione di umidità, ma la sua estensione, la posizione e l'effetto sull'adesione dell'impermeabilizzazione al di sotto dello strato di asfalto di circa 100 mm erano sconosciuti.
- Limiti della diagnostica automatizzata: non è stato possibile utilizzare gli algoritmi standard automatizzati di mappatura del deterioramento tramite GPR a causa di due fattori concomitanti:

    1. La disposizione altamente irregolare e "a chiazze" del tappeto di rinforzo del primo strato.
    2. L'elevata concentrazione di acqua nel sottosuolo, causata da tre giorni di pioggia continua prima della scansione notturna.

- Riduzione al minimo dei disagi al traffico: il lavoro diagnostico doveva essere completato rapidamente con un numero minimo di carotaggi o prove distruttive.

La soluzione

È stato impiegato un avanzato georadar (GPR) Proceq, che combina l'acquisizione di dati ad alta risoluzione con una verifica fisica mirata.

1. Scansione GPR ad alta risoluzione

Il rilevamento GPR è stato eseguito di notte utilizzando i sistemi multicanale GM8000 e GS9000 per acquisire profili del sottosuolo ad alta densità lungo tutta la carreggiata.

2. Analisi multistrato del segnale

Poiché gli algoritmi di mappatura automatica non erano applicabili in condizioni di elevata saturazione, gli ingegneri hanno analizzato manualmente le proprietà dielettriche e le ampiezze dei segnali radar grezzi:

- Mappatura del confine dell'impermeabilizzazione: è stata valutata l'intensità del segnale al confine tra asfalto e calcestruzzo. I riflessi a bassa ampiezza (zone arancioni/verdi) indicavano un'impermeabilizzazione asciutta e intatta, mentre i riflessi ad alta ampiezza e ad alto indice dielettrico (zone rosse) segnalavano un accumulo d'acqua e un potenziale distacco.
- Mappatura delle armature e dei cavi di post-tensionamento: sono state tracciate le riflessioni iperboliche delle armature longitudinali e trasversali per mappare la profondità, la spaziatura e la relazione strutturale tra i pannelli di armatura e i condotti di post-tensionamento sottostanti.

3. Calibrazione tramite pozzi di prova mirati

Anziché ricorrere a prove distruttive su vasta scala, sono state scavate solo tre trincee di prova localizzate per calibrare e confermare le interpretazioni dei segnali GPR:

- La trincea di prova 1 è stata posizionata in una zona ad alta ampiezza per verificare il sospetto cedimento dell'impermeabilizzazione.
- La trincea di prova 3 è stata collocata in una zona a bassa ampiezza (arancione) per confermare l'integrità dell'impermeabilizzazione e la presenza di calcestruzzo asciutto.



Risultati

L'indagine con georadar ha fornito una mappa chiara e utilizzabile delle condizioni interne del ponte, consentendo al cliente di passare da una manutenzione generica a interventi di riparazione localizzati e altamente mirati.

Configurazione strutturale e mappatura delle armature

L’indagine GPR ha permesso di mappare con successo la complessa disposizione degli strati superiori di armatura del ponte:

- Primo strato (profondità: 150 mm–200 mm): disposto in pannelli rettangolari con interasse di 4 m. Le barre longitudinali si trovano nella parte superiore, appoggiate direttamente sui trefoli di post-tensionamento trasversali sottostanti. Ciò suggerisce che il pannello di armatura fosse probabilmente appoggiato direttamente sui canali dei tendini di post-tensionamento durante il getto originale del calcestruzzo.
- Secondo strato (Profondità: ~300 mm): è stato mappato con successo un secondo reticolo di armatura.
- Anomalie strutturali: sono state individuate aree localizzate in cui la rete d’acciaio del primo strato si trova a una profondità significativamente maggiore (300 mm–350 mm) rispetto ai tendini trasversali.

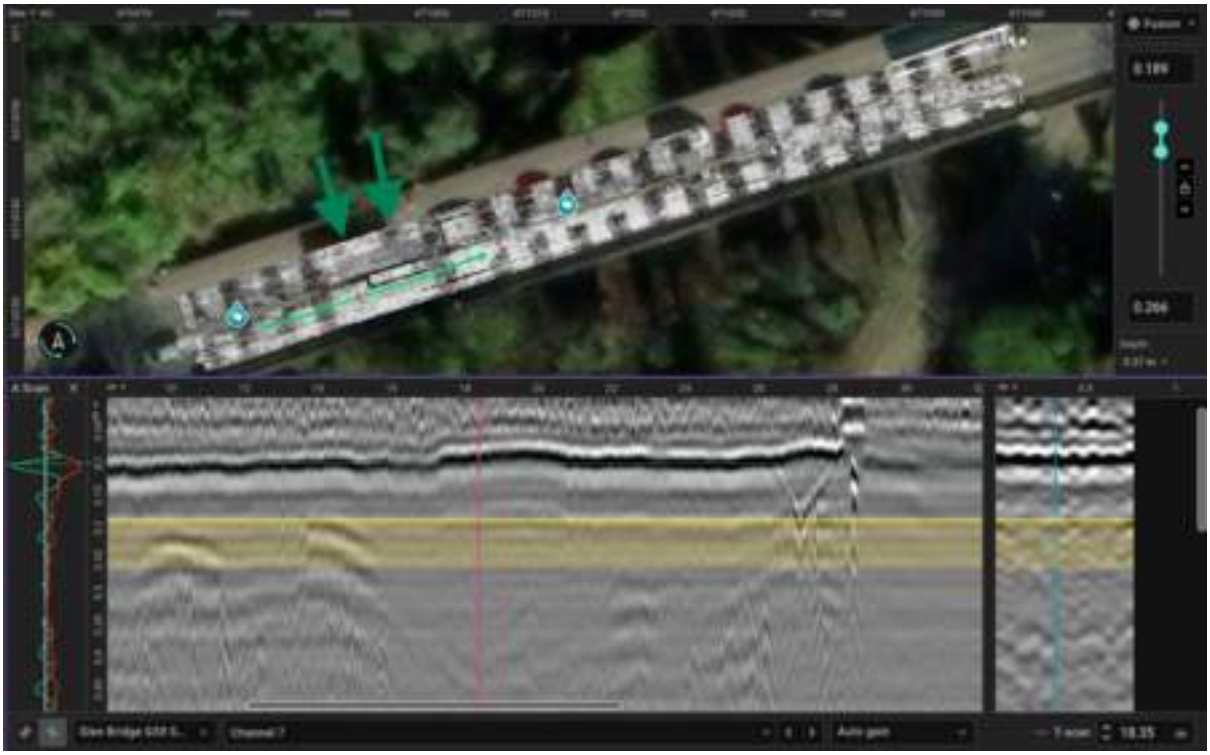


Fig.1 Overview of 1st layer reinforcement

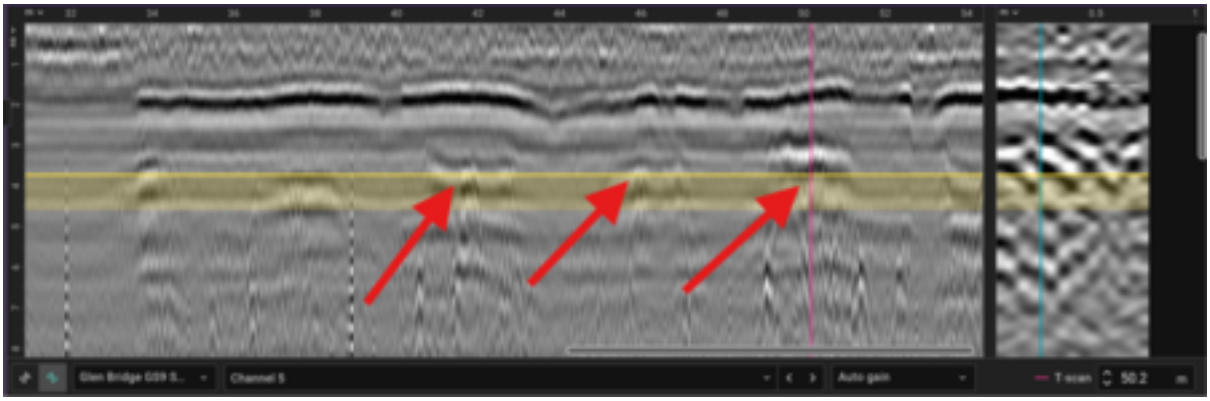


Fig.2 possible PT strands

Impermeabilizzazione e mappatura dell'umidità

Analizzando il contrasto dielettrico all'interfaccia tra asfalto e impermeabilizzazione, gli ingegneri hanno individuato le aree di ristagno dell'umidità:

- **Giunto della spalla sud-ovest:** è stata individuata**un’area** significativa di accumulo d’acqua. A causa della pendenza del ponte, il deflusso viene bruscamente interrotto in corrispondenza del giunto di dilatazione, causando una saturazione idrica prolungata. La trincea di prova n. 1 ha confermato che tale saturazione ha compromesso l’adesione della membrana impermeabilizzante.

- **Saturazione della trincea dei servizi:** risposte dielettriche**ad alta ampiezza** hanno evidenziato una zona satura che attraversa la carreggiata a metà della campata, in coincidenza con una trincea trasversale per i servizi e il cablaggio delle comunicazioni.
- **Zone in buono stato: la** carreggiata in direzione ovest e le sezioni orientali hanno mostrato riflessi di bassa ampiezza. Lo scavo di prova n. 3 ha confermato che in queste aree l'impermeabilizzazione è completamente intatta e il calcestruzzo sottostante è asciutto.

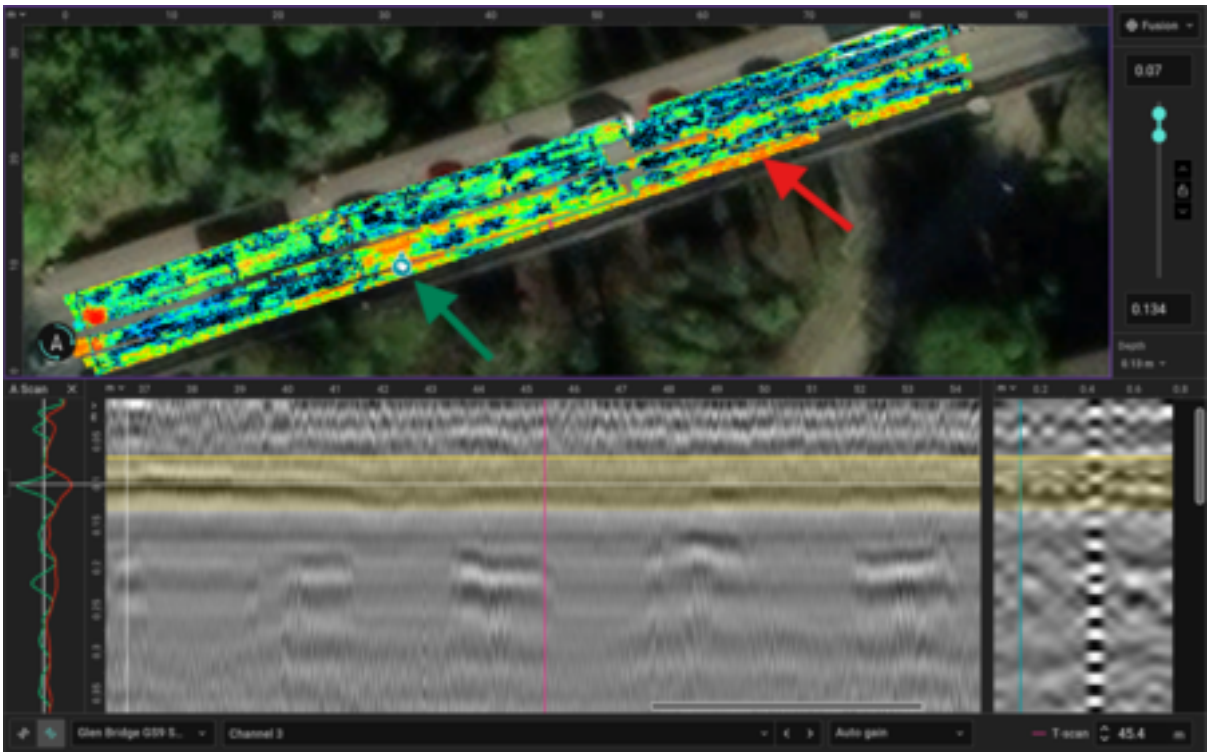


Fig.3 Low amplitude response shown in orange, high amplitude higher dielectric response in red

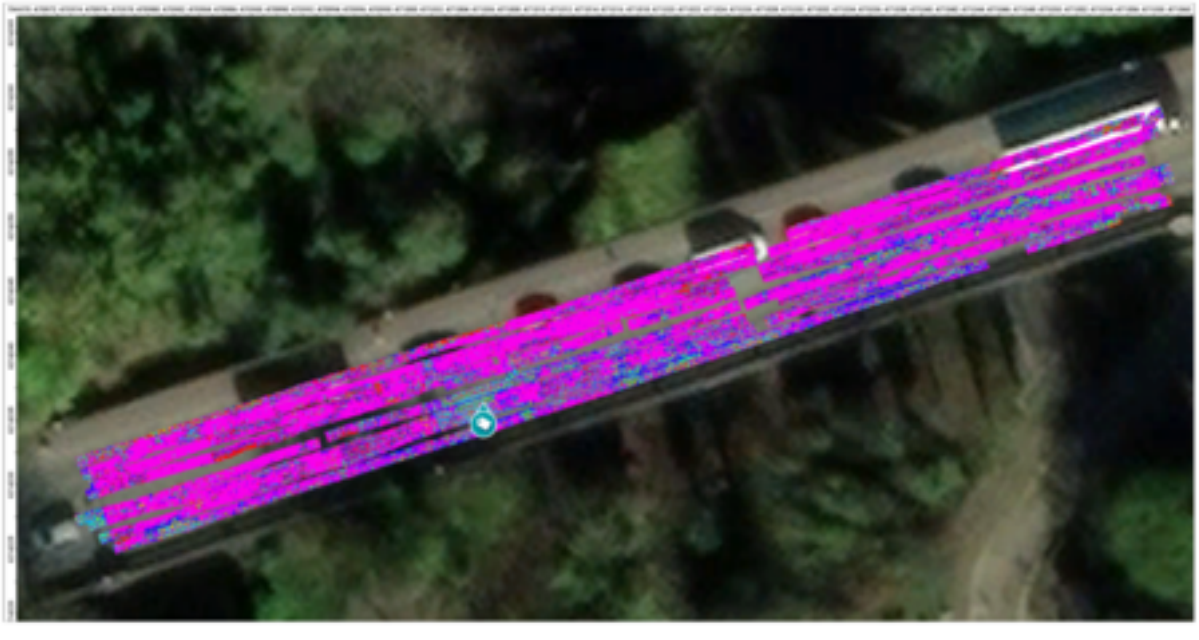


Fig.4 Waterproofing layer

Valutazione delle condizioni dell'acciaio

Nonostante l'impossibilità di eseguire modelli automatizzati di deterioramento, l'analisi manuale dell'attenuazione del segnale ha individuato con successo aree localizzate di preoccupazione:

• I profili GPR hanno mostrato un improvviso indebolimento o scomparsa del segnale nell'angolo della rete di armatura. Ciò indica o una saturazione localizzata del calcestruzzo che schermava il segnale radar, oppure un deterioramento dell'acciaio in fase iniziale.

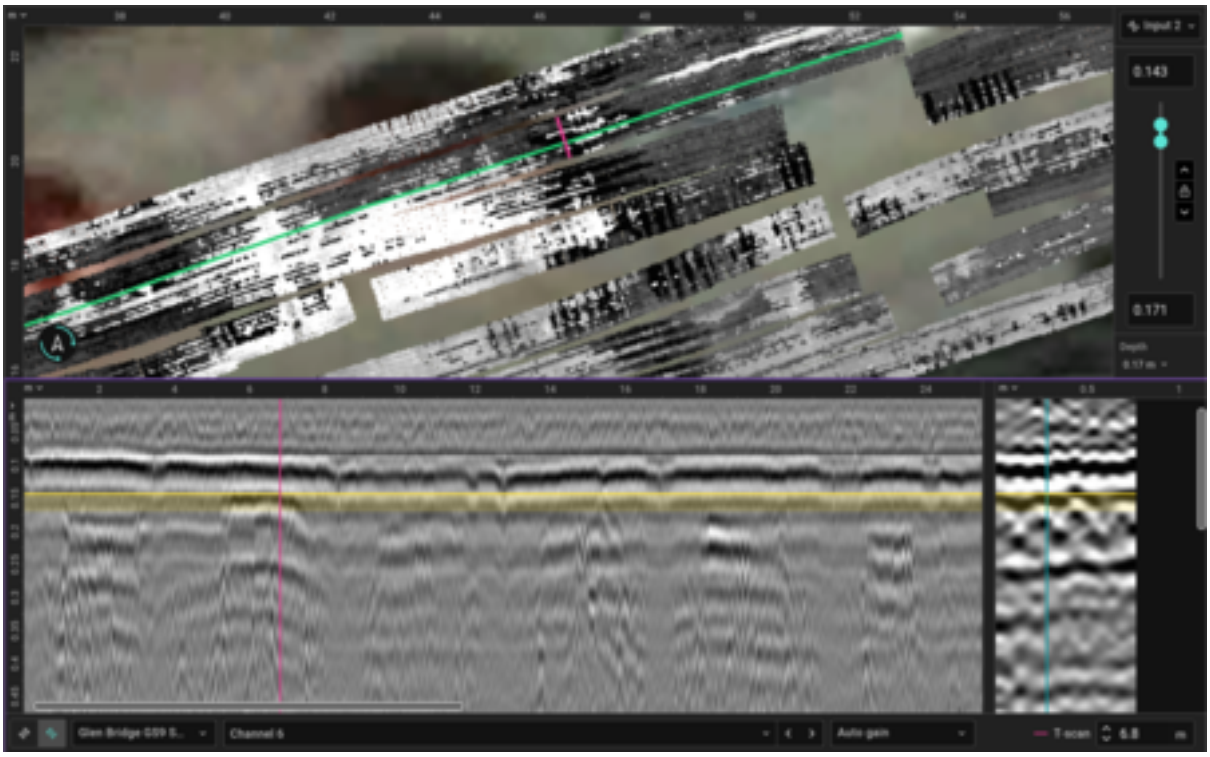


Fig.5 steel detail in centre of bridge

Conclusioni e raccomandazioni operative

Nel complesso, il calcestruzzo e l'armatura interna in acciaio dell'impalcato del ponte sono risultati in buone condizioni strutturali. Anziché raccomandare un costoso rifacimento completo del rivestimento e della impermeabilizzazione dell'impalcato, i dati GPR hanno consentito di formulare raccomandazioni di manutenzione efficienti:

1. Riparazione mirata dell'impermeabilizzazione: eseguire la sostituzione localizzata dell'impermeabilizzazione all'estremità sud-occidentale del ponte, concentrandosi sulla zona ad alta saturazione fino al confine più a est.
2. Risanamento del sistema di drenaggio: intervenire sul punto di interruzione del percorso di drenaggio in corrispondenza del giunto della spalla sud-occidentale per prevenire futuri ristagni d'acqua e il cedimento prematuro dell'adesione.
3. Indagine localizzata su calcestruzzo/acciaio: eseguire un controllo localizzato non distruttivo o un'asportazione localizzata per valutare il sospetto degrado dell'armatura.

Per ulteriori note applicative e casi di studio, consultare il nostro Tech Hub dedicato all' .

SCREENING EAGLE | proceq

Terms Of Use
Website Data Privacy Policy

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.